

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-129932

(43)Date of publication of application : 16.05.1997

(51)Int.Cl. H01L 33/00

(21)Application number : 07-281170

(71)Applicant : NICHIA CHEM IND LTD

(22)Date of filing : 30.10.1995

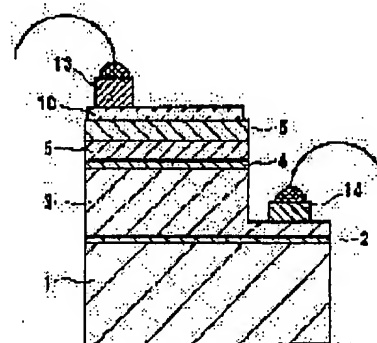
(72)Inventor : SANO MASAHICO  
SENOO MASAYUKI  
NAKAMURA SHUJI

## (54) NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve the light transmissivity of a nitride semiconductor light emitting element by forming a translucent electrode containing at least vanadium on almost the entire surface of the p-type layer of the light emitting element on which the p-type layer is formed as the outermost layer.

**SOLUTION:** After a buffer layer 2, an n-type contact layer 3, an active layer 4, a p-type clad layer 5, and a p-type contact layer 6 are successively grown on a sapphire substrate 1, a mask is formed in a prescribed shape on the surface of the topmost p-type GaN contact layer 6 and part of the contact layer 3 is exposed by etching the layers 4, 5, and 6. Then the mask is removed from the surface of the contact layer 6 and Pd is vapor-deposited to a film thickness of 30Å on almost the entire surface of the topmost GaN layer 6 as a p-electrode 10. The translucent electrode 10 containing Pd transmits visible light, especially, visible light of purple to green color more than the conventional translucent electrode does. Therefore, when the electrode 10 is formed on the surface of the p-type layer 6, the light transmissivity of a nitride semiconductor light emitting element can be improved.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.02.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3269070

[Date of registration] 18.01.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The nitride semiconductor light emitting device characterized by forming the electrode of the translucency which contains palladium (Pd) at least mostly on the whole surface of the front face of the aforementioned p type nitride semiconductor layer in the nitride semiconductor light emitting device which comes to form p type nitride semiconductor layer in the maximum front face.

[Claim 2] The aforementioned electrode is a nitride semiconductor light emitting device according to claim 1 characterized by including at least a kind of metal chosen from the group which consists of the platinum (Pt), the rhodium (Rh), the ruthenium (Ru), the osmium (Os), the iridium (Ir), nickel (nickel), and gold (Au) other than Pd at least.

[Claim 3] The aforementioned electrode is a nitride semiconductor light emitting device according to claim 2 characterized by the side which has the two-layer structure at least and touches p type nitride semiconductor layer of the two-layer structure being Pd.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] this invention relates to the electrode of the light emitting device which starts light emitting devices, such as Light Emitting Diode to which it comes to carry out the laminating of the nitride semiconductor ( $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ,  $0 \leq x, 0 \leq y, x+y \leq 1$ ), especially by which p type nitride semiconductor layer was formed in the maximum front face.

[0002]

[Description of the Prior Art] Now, blue Light Emitting Diode and green Light Emitting Diode using the nitride semiconductor ( $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ,  $0 \leq x, 0 \leq y, x+y \leq 1$ ) are put in practical use. The fundamental structure of these Light Emitting Diodes is n type nitride semiconductor layer (it is hereafter called n layers.) which consists of n mold  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  ( $0 \leq y \leq 1$ ) on a transparent insulating substrate. The barrier layer which consists of  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  ( $0 < x \leq 1$ ), and p type nitride semiconductor layer which consists of p mold  $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$  ( $0 < z \leq 1$ ) (it is hereafter called p layers.) It has terrorism structure to the double by which the laminating was carried out to order. Since this Light Emitting Diode cannot take out n electrode from a substrate side, it considers as the so-called flip chip form which takes out n electrode and p electrode from the same side side. A luminescence observation side side has many by which the electrode, i.e., p layers, side is made the luminescence observation side, although it also becomes a side someday a substrate and electrode side, since the substrate is transparent.

[0003] In order to take out luminescence of a barrier layer outside, the electrode which consists of a metal of a translucency is prepared in p layers which become a luminescence observation side side. Moreover, we showed the light emitting device by which the metal electrode of a translucency was prepared in the front face of p layers in JP,6-314822,A. However, in the metal electrode of the conventional translucency, the permeability of the electrode to blue and green light was bad, and was not what it can still be satisfied [ with an external quantum efficiency ] of enough.

[0004] By the way, the electrode used for the light emitting device which consists of semiconductor materials, such as Light Emitting Diode, needs to obtain the semiconductor material and desirable ohmic contact, in order to reduce forward voltage. Also in Above Light Emitting Diode, desirable ohmic contact has been obtained by the electrode which contains Ti and aluminum in n layers, and the electrode which contains nickel and Au in p layers.

[0005] In addition, the tin oxide, indium oxide, and the zinc oxide are shown in JP,5-55631,A as an electrode material formed in a nitride semiconductor. However, the material shown in this official report is an electrode formed in the i (insulator) type nitride semiconductor which doped acceptor impurity, and is not desirable ohmic \*\*\*\*\* and the electrode formed in p layers. Moreover, although Ag, Au, Pt, Ir, Pd, Rh, etc. are stated to JP,5-315647,A as a desirable electrode formed in p layers, only Au electrode is prepared in i layers of the light emitting device of not p type but MIS structure in fact.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] A crystal growth is a very difficult material and, as for p layers, it is more nearly actual than before that the physical properties are not yet solved well, either. Even if Light Emitting Diode which has p-n junction is realized, the electrode formed in p layers also has many points which should still be improved, p more layers and concordance are good and the electrode material excellent in many properties is called for. Moreover, improvement in an external quantum efficiency is desired in Light Emitting Diode. Therefore, the place made into the purpose of this invention is by offering the new electrode of p layers useful as a light emitting device to realize the light emitting device excellent in the external quantum efficiency.

[0007]

[Means for Solving the Problem] The light emitting device of this invention is characterized by forming the electrode of the translucency which contains palladium (Pd) at least mostly on the whole surface of the front face of the p aforementioned layers in the nitride semiconductor light emitting device which comes to form p layers in the maximum front face.

[0008] Moreover, it is characterized by the aforementioned electrode containing at least a kind of metal chosen from the group which consists of the platinum (Pt), the rhodium (Rh), the ruthenium (Ru), the osmium (Os), the iridium (Ir), nickel (nickel), and gold (Au) other than Pd at least. These elements can maintain the translucency of an electrode, without spoiling the ohmic nature of Pd, even if it adds to Pd. In addition, the laminated structure which carried out the laminating of the thin film as electrode structure after adding is sufficient, and in the state where heat annealing of the laminated structure was carried out, and it was alloyed is sufficient, and it is good also as a state of an alloy from the beginning. Also in it, since the electrode of a bonding pad and adhesive property of Au containing Au are good, it is very desirable.

[0009] Furthermore, when making an electrode into a laminated structure, it is still more desirable that the side which touches p type layer is Pd. By making Pd into the side which touches p layers first, most things for which ohmic nature is lost are lost.

[0010] 500Å or less of things for which a desirable translucency is maintained to the luminescence wavelength of a light emitting device is still more preferably possible for the thickness of p electrode formed on p layers in the light emitting device of this invention by adjusting to 200Å or less. This thickness is the same also about the case where other metals are made to contain besides Pd, and can maintain a desirable translucency by making the total thickness of an electrode into 500Å or less.

[0011] For forming p electrode, vacuum evaporation, a sputter, etc. can use usual gaseous-phase film production equipment. By controlling thickness by film production equipment and thickness 200Å or less costing below 500Å (0.05 micrometers) still more preferably as mentioned above, it becomes a desirable translucency and luminescence of a light emitting device is penetrated. In addition, a translucency means that an electrode penetrates the luminescence wavelength of a light emitting device, and does not necessarily mean a hyaline.

[0012] The light emitting device of this invention can create the crystal of a nitride semiconductor by growth and carrying out a laminating on a substrate using vapor-growth equipments, such as MOVPE (organic-metal vapor growth), HDVPE (halide vapor growth), MBE (molecular-beam vapor growth), and MOMBE (organic-metal molecular-beam vapor growth). Although sapphire (aluminum 2O<sub>3</sub>), ZnO, a spinel (MgAl 2O<sub>4</sub>), SiC, Si, GaN, etc. are used for a substrate, sapphire and SiC are used in many cases. As a laminated structure, n layers are fundamentally grown up on a substrate, the laminating of the p layers is carried out on n layers, a laminating is carried out so that p layers may become the maximum front face, and it considers as the structure which can form an electrode in p layers on this front face of the maximum. In addition, the light emitting device which carries out a pin junction and by which p layers were used as the maximum front face is sufficient. An n type nitride semiconductor can grow, if donor impurities, such as Si, germanium, and Se, are doped. On the other hand, a p type nitride semiconductor can grow by doping acceptor impurity, such as II group elements, such as Mg and Zn, and C, in a nitride semiconductor. For example, although there are some which show p type property even if it does not carry out processing of what after growth when the nitride semiconductor which doped acceptor impurity using the MOVPE method is grown up, by performing annealing processing above 400 degrees C comes to show still more desirable p type property preferably. In addition, in p type, it is the nitride semiconductor which doped acceptor impurity, and the semiconductor which resistivity shows 10<sup>3</sup> or less ohm-cm is said.

[0013]

[Function] The electrode of the translucency containing Pd is superior to the conventional translucency p electrode which the permeability applied to a light especially purple - green field becomes from nickel and Au. Therefore, since the light transmittance of a nitride semiconductor light emitting device becomes good when it forms in the front face of p layers, an external quantum efficiency improves. And ohmic nature is also very excellent, and when especially Pd is formed in the side which touches p layers, ohmic nature can be maintained even if it forms other metal thin films in the state of a translucency on the Pd. Even if it alloys especially metals, such as Pt, Rh, Ru, Os, Ir, nickel, and Au, with Pd, they can maintain good ohmic nature. furthermore, p electrode - p layers - since it has formed in the whole surface mostly, current spreads uniformly in p layer of the whole, and local electric-field concentration does not take place, but uniform luminescence is obtained from the whole barrier layer

[0014] Drawing 1 is a graph which shows the current-potential property of the various electrodes formed in p layers. After forming concretely the thin film described below on p layers, the ohmic nature to p layers of the electrode is investigated by annealing above 400 degrees C, forming p electrode, and measuring the current-potential property of the electrodes of the same kind. Moreover, drawing 2 is a graph which shows the permeability of the translucency electrode shown in drawing 1. The electrode is as follows.

[0015] A: The translucency electrode which formed Pd by 40Å thickness.

B: The conventional translucency electrode which carried out laminating formation of 60Å and the Au for nickel by 200Å thickness at order.

[0016] Although good ohmic nature shows both as shown in drawing 1, p layers and the resistance of Pd are still lower, and it turns out that very good ohmic nature is shown.

[0017] Moreover, although drawing 2 shows the permeability of each electrode, the electrode (B) containing conventional nickel-Au has the bad permeability applied to the purple which is the feature of luminescence of a nitride semiconductor light emitting device - a green field. On the other hand, since the permeability of the electrode A concerning the light emitting device of this invention is excellent compared with B, it can raise the external quantum efficiency of a light emitting device.

[0018]

[Example] Hereafter, one example of the light emitting device of this invention is explained based on a drawing. Drawing 3 is the plan which looked at the light emitting device of this invention from the electrode side of p layers, and drawing 4 is the typical cross section showing the structure at the time of the alternate long and short dash line shown in drawing cutting the light emitting device of drawing 3.

[0019] The buffer layer 2 which consists of GaN on the silicon on sapphire 1 of 2 inch phi using a [example 1] MOVPE reactor 200Å. The barrier layer 4 of the single quantum well structure which consists of 4 micrometers and non doped In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N n type contact layer 3 which consists of Si doped n type GaN 30Å, p type contact layer 6 which consists of 0.2 micrometers and Mg doped p type GaN p type clad layer 5 which consists of Mg doped p type aluminum 0.1Ga<sub>0.9</sub>N is grown up in order by 0.5-micrometer thickness.

[0020] Furthermore, annealing of the wafer is carried out at 600 degrees C in nitrogen-gas-atmosphere mind into a reaction container, and 5 and 6 are further formed into low resistance. [p-layer] A wafer is picked out from a reaction container after annealing, the mask of a predetermined configuration is formed in the front face of p type GaN of the best layer, upper shell etching of a mask is performed by the etching system, and as shown in drawing 2, a part of n type contact layer 3 is exposed.

[0021] Next, the mask on p layers is removed and the vacuum evaporation of the Pd is mostly carried out to the whole surface as a p electrode 10 by the p type GaN layer [of the best layer] thickness which is 30Å. Pd film after vacuum evaporation had become a translucency clearly, to silicon on sapphire 1, was transparent and has been observed. Thus, by [of p layers which exposed the p electrode 10] forming in the whole surface mostly, current can be uniformly extended to p layer of the whole, and since it is moreover a translucency, an electrode side is made with a luminescence observation side.

[0022] The pad electrode 13 containing Au and nickel for bondings is formed in the corner of an electrode by 2-micrometer thickness after p electrode 10 formation. In addition, this pad electrode 13 is not a translucency.

[0023] After forming p electrode (10+11), the n electrode 14 which contains Ti and aluminum in n exposed layers is formed

by 2-micrometer thickness, finally it heat-treats above 400 degrees C by the annealer, and an electrode is made to alloy.

[0024] The wafer which formed the electrode in n type contact layer 3 and the p layer contact layer 6 as mentioned above Cut in the shape of [ of 350 micrometer angle ] a chip, and silicon-on-sapphire side 1 of the luminescence chip is pasted up with a leadframe. When wire bond is carried out by Au line, a mould is carried out by the epoxy resin and it considers as a Light Emitting Diode element, it sets to If(forward current)20mA. It was 460nm in Vf(forward voltage)3.4V and luminescence wavelength, and the radiant power output was higher than Light Emitting Diode of this structure which has p electrode of the translucency containing conventional nickel and conventional Au about 30%.

[0025] In the [example 2] example 1, when the 100A laminating of 20A and the nickel was carried out for Pd to the p electrode 10 and also the Light Emitting Diode element was obtained similarly, although it was Vf3.4V, in If20mA, the radiant power output declined about about 15% under the influence of nickel.

[0026] In the [example 3] example 1, when the 100A laminating of 20A and the Au was carried out for Pd to the p electrode 10 and also the Light Emitting Diode element was obtained similarly, in If20mA, it was Vf3.4V. The radiant power output was almost equivalent to the thing of an example 2.

[0027] In the [example 4] example 1, when the 100A laminating of 20A and the Rh was carried out for Pd to the p electrode 10 and also the Light Emitting Diode element was obtained similarly, in If20mA, it was Vf3.5V. The radiant power output was almost equivalent to the thing of an example 2.

[0028] In the [example 5] example 1, when the 100A laminating of 20A and the Ru was carried out for Pd to the p electrode 10 and also the Light Emitting Diode element was obtained similarly, in If20mA, it was Vf3.5V. The radiant power output was almost equivalent to the thing of an example 2.

[0029] In the [example 6] example 1, when the 100A laminating of 20A and the Pt was carried out for Pd to the p electrode 10 and also the Light Emitting Diode element was obtained similarly, in If20mA, it was Vf3.5V. The radiant power output was almost equivalent to the thing of an example 2.

[0030] In the [example 7] example 1, when the 100A laminating of 20A and the Os was carried out for Pd to the p electrode 10 and also the Light Emitting Diode element was obtained similarly, in If20mA, it was Vf3.5V. The radiant power output was almost equivalent to the thing of an example 2.

[0031] In the [example 7] example 1, when the 100A laminating of 20A and the Ir was carried out for Pd to the p electrode 10 and also the Light Emitting Diode element was obtained similarly, in If20mA, it was Vf3.5V. The radiant power output was almost equivalent to the thing of an example 2.

[0032]

[Effect of the Invention] As explained above, the light emitting device of this invention can be formed in the front face of p layers, and can take out luminescence of a barrier layer outside effectively. And since the electrode is excellent also in ohmic nature with p layers, Vf can realize a low practical light emitting device. When the light emitting device of this invention is used for Light Emitting Diode devices, such as for example, a full color Light Emitting Diode display, a Light Emitting Diode signal, and the traffic information plotting board, a bright device can be realized by the low power and the utility value on the industry is size.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Drawing showing the current-potential property of the various electrodes formed in p layers.

[Drawing 2] Drawing showing the permeability to each wavelength of the various electrodes formed in p layers.

[Drawing 3] The plan showing the electrode configuration of the light emitting device concerning one example of this invention.

[Drawing 4] The type section view showing the structure of the light emitting device of drawing 1

[Description of Notations]

- 1 .... Silicon on sapphire
- 2 .... Buffer layer
- 3 .... n type contact layer
- 4 .... Barrier layer
- 5 .... p type clad layer
- 6 .... p type contact layer
- 10 .... p electrode
- 13 .... Pad electrode
- 14 .... n electrode

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-129932

(43)公開日 平成9年(1997)5月16日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
H01L 33/00

識別記号 庁内整理番号

F I  
H01L 33/00

技術表示箇所

E  
C

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平7-281170

(22)出願日 平成7年(1995)10月30日

(71)出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72)発明者 佐野 雅彦

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72)発明者 妹尾 雅之

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72)発明者 中村 修二

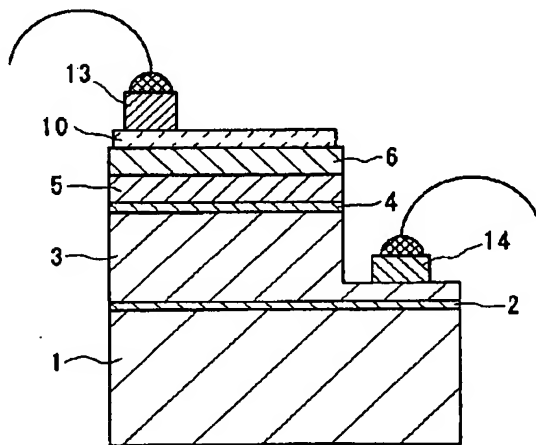
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(54)【発明の名称】 窒化物半導体発光素子

(57)【要約】

【目的】 発光素子として有用なp層の新規な電極を提供することにより、外部量子効率に優れた発光素子得る。

【構成】 p型窒化物半導体層が最表面に形成されてなる窒化物半導体発光素子において、前記p型窒化物半導体層の表面のほぼ全面に、少なくともパラジウム(Pd)を含む透光性の電極が形成されているので、透光性電極を通して発光が観測でき、外部量子効率が向上する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 p型窒化物半導体層が最表面に形成されてなる窒化物半導体発光素子において、前記p型窒化物半導体層の表面のほぼ全面に、少なくともパラジウム(Pd)を含む透光性の電極が形成されていることを特徴とする窒化物半導体発光素子。

【請求項2】 前記電極はPdの他に、少なくとも白金(Pt)、ロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)、オスミウム(Os)、イリジウム(Ir)、ニッケル(Ni)、金(Au)よりなる群から選択された少なくとも一種の金属を含むことを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項3】 前記電極は少なくとも二層構造を有し、二層構造のp型窒化物半導体層に接する側がPdであることを特徴とする請求項2に記載の窒化物半導体発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は窒化物半導体( $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ,  $0 \leq x$ ,  $0 \leq y$ ,  $x+y \leq 1$ )が積層されてなるLED等の発光素子に係り、特に最表面にp型窒化物半導体層が形成された発光素子の電極に関する。

## 【0002】

【従来の技術】現在、窒化物半導体( $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ,  $0 \leq x$ ,  $0 \leq y$ ,  $x+y \leq 1$ )を用いた青色LED、緑色LEDが実用化されている。これらのLEDの基本的な構造は、透明な絶縁性基板の上に例えばn型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  ( $0 \leq y \leq 1$ )よりなるn型窒化物半導体層(以下、n層という。)と、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  ( $0 < x \leq 1$ )よりなる活性層と、p型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$  ( $0 \leq z \leq 1$ )よりなるp型窒化物半導体層(以下、p層という。)とが順に積層されたダブルヘテロ構造を有している。このLEDは基板側からn電極を取り出すことができないので、同一面側からn電極と、p電極とを取り出す、いわゆるフリップチップ形式とされている。発光観測面側は基板が透明であるので、基板側、電極側いずれ側にもなるが、電極側、つまりp層側が発光観測面とされているものが多い。

【0003】発光観測面側となるp層には、活性層の発光を外部に取り出すために透光性の金属よりなる電極が設けられている。また我々は特開平6-314822号公報において、p層の表面に透光性の金属電極が設けられた発光素子を示した。しかしながら、従来の透光性の金属電極では、青色、緑色光に対する電極の透過率が悪く、外部量子効率では未だ十分満足できるものではなかった。

【0004】ところで、LED等の半導体材料よりなる発光素子に使用される電極は、順方向電圧を低下させるためにも、その半導体材料と好ましいオーミック接触を得ている必要がある。前記LEDにおいても、n層には

TiとAlを含む電極、p層にはNiとAuを含む電極で好ましいオーミック接触を得ている。

【0005】その他、窒化物半導体に形成する電極材料として、例えば特開平5-55631号には酸化スズ、酸化インジウム、酸化亜鉛が示されている。しかしこの公報に示される材料はアクセプター不純物をドーブしたi(insulator)型の窒化物半導体に形成する電極であって、好ましいオーミックは得られておらず、p層に形成する電極ではない。また特開平5-315647号公報にはp層に形成する好ましい電極としてAg、Au、Pt、Ir、Pd、Rh等が述べられているが、実際にはp型ではなくMIS構造の発光素子のi層にAu電極しか設けられていない。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】p層は従来より結晶成長が非常に難しい材料であり、その物性も未だ良く解明されていないのが現実である。p-n接合を有するLEDが実現されてもp層に形成する電極には未だ改良すべき点も多く、さらにp層となじみが良く、数々の特性に優れた電極材料が求められている。またLEDでは外部量子効率の向上が望まれている。従って本発明の目的とするところは、発光素子として有用なp層の新規な電極を提供することにより、外部量子効率に優れた発光素子を実現することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の発光素子は、p層が最表面に形成されてなる窒化物半導体発光素子において、前記p層の表面のほぼ全面に、少なくともパラジウム(Pd)を含む透光性の電極が形成されていることを特徴とする。

【0008】また前記電極はPdの他に、少なくとも白金(Pt)、ロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)、オスミウム(Os)、イリジウム(Ir)、ニッケル(Ni)、金(Au)よりなる群から選択された少なくとも一種の金属を含むことを特徴とする。これらの元素はPdに添加しても、Pdのオーミック性を損なうことなく、電極の透光性を保つことができる。なお添加した後の電極構造としては薄膜を積層した積層構造でも良いし、積層構造が熱アニールされて合金化された状態でも良く、また最初から合金の状態としても良い。その中でもAuはAuを含むボンディングパッドの電極と接着性が良いので、非常に好ましい。

【0009】さらに、電極を積層構造とする場合、p層に接する側がPdであることがさらに好ましい。Pdを最初にp層に接する側とすることにより、オーミック性が失われることはほとんどなくなる。

【0010】本発明の発光素子においてp層の上に形成するp電極の膜厚は500オングストローム以下、さらに好ましくは200オングストローム以下に調整することにより、発光素子の発光波長に対して好ましい透光性



を維持することが可能である。この膜厚はPdの他に他の金属を含有させた場合についても同様であり、電極の総膜厚を500オングストローム以下とすることにより、好ましい透光性が維持できる。

【0011】p電極を形成するには蒸着、スパッタ等、通常の気相製膜装置を用いることができる。製膜装置により膜厚を制御して、前記のように500オングストローム(0.05 $\mu\text{m}$ )以下、さらに好ましくは200オングストローム以下の膜厚にすることにより、好ましい透光性となり、発光素子の発光を透過する。なお透光性とは発光素子の発光波長を電極が透過するという意味であって、必ずしも無色透明を意味するものではない。

【0012】本発明の発光素子はMOVPE(有機金属気相成長法)、HDVPE(ハライド気相成長法)、MBE(分子線気相成長法)、MOMBE(有機金属分子線気相成長法)等の気相成長装置を用いて、基板上に窒化物半導体の結晶を成長、積層することで作成可能である。基板にはサファイア( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、 $\text{ZnO}$ 、スピネル( $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ )、 $\text{SiC}$ 、 $\text{Si}$ 、 $\text{GaN}$ 等が用いられるが、サファイア、 $\text{SiC}$ が用いられることが多い。積層構造としては、基本的に基板の上にn層を成長させ、n層の上にp層を積層して、p層が最表面となるように積層して、この最表面のp層に電極を形成できる構造とする。この他、p-i-n接合して、p層が最表面とされた発光素子でもよい。n型の窒化物半導体は、例えば $\text{Si}$ 、 $\text{Ge}$ 、 $\text{Se}$ 等のドナー不純物をドーブすれば成長可能である。一方、p型の窒化物半導体は、 $\text{Mg}$ 、 $\text{Zn}$ 等のII族元素、C等のアクセプター不純物を窒化物半導体中にドーブすることにより成長可能である。例えば、MOVPE法を用いてアクセプター不純物をドーブした窒化物半導体を成長させると、成長後、何の処理をしなくともp型特性を示すものもあるが、好ましくは、400℃以上でアニーリング処理を施すことにより、さらに好ましいp型特性を示すようになる。なおp型とは、例えばアクセプター不純物をドーブした窒化物半導体で、抵抗率が $10^3\Omega\cdot\text{cm}$ 以下を示す半導体をいう。

【0013】

【作用】Pdを含む透光性の電極は、可視光、特に紫色～緑色領域にかけての透過率がNiとAuよりなる従来の透光性p電極よりも優れている。従ってp層の表面に形成した場合に、窒化物半導体発光素子の光透過率が良くなるので、外部量子効率が向上する。しかも、オーミック性も非常に優れており、特にPdをp層と接する側に形成した場合、そのPdの上に他の金属薄膜を透光性の状態で形成しても、オーミック性を維持することができる。特にPt、Rh、Ru、Os、Ir、Ni、Au等の金属はPdと合金化しても、良好なオーミック性を維持できる。さらに、p電極をp層のほぼ全面に形成してあるので、電流がp層全体に均一に広がり、局所的な電界集中が起こらず、活性層全体から均一な発光が得ら

れる。

【0014】図1はp層に形成した各種電極の電流電圧特性を示すグラフである。具体的に、p層の上に次に述べる薄膜を形成した後、400℃以上でアニールしてp電極を形成し、同一種類の電極同士の電流電圧特性を測定することにより、その電極のp層に対するオーミック性を調べたものである。また、図2は図1に示す透光性電極の透過率を示すグラフである。電極は次の通りである。

【0015】A: Pdを40オングストロームの膜厚で形成した透光性電極。

B: Niを60オングストロームと、Auを200オングストロームの膜厚で順に積層形成した従来の透光性電極。

【0016】図1に示すように、両方とも良好なオーミック性は示しているが、さらにPdはp層と抵抗が低く、非常に良好なオーミック性を示していることが分かる。

【0017】また図2は各電極の透過率を示すものであるが、従来のNi-Auを含む電極(B)は窒化物半導体発光素子の発光の特徴である紫色～緑色領域にかけての透過率が悪い。これに対し、本発明の発光素子に係る電極Aの透過率は、Bに比べて優れているので、発光素子の外部量子効率を向上させることができる。

【0018】

【実施例】以下、図面を基に本発明の発光素子の一実施例について説明する。図3は本発明の発光素子をp層の電極側から見た平面図であり、図4は図3の発光素子を図に示す一点鎖線で切断した際の構造を示す模式的な断面図である。

【0019】[実施例1] MOVPE反応装置を用い、2インチφのサファイア基板1の上にGaNよりなるバッファ層2を200オングストローム、Siドーブn型GaNよりなるn型コンタクト層3を4 $\mu\text{m}$ 、ノンドープIn<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nよりなる単一量子井戸構造の活性層4を30オングストローム、Mgドーブp型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nよりなるp型クラッド層5を0.2 $\mu\text{m}$ 、Mgドーブp型GaNよりなるp型コンタクト層6を0.5 $\mu\text{m}$ の膜厚で順に成長させる。

【0020】さらにウェーハを反応容器内において、窒素雰囲気中で600℃でアニーリングして、p層5、6をさらに低抵抗化する。アニーリング後、ウェーハを反応容器から取り出し、最上層のp型GaNの表面に所定の形状のマスクを形成し、エッチング装置でマスクの上からエッチングを行い、図2に示すようにn型コンタクト層3の一部を露出させる。

【0021】次に、p層の上のマスクを除去し、最上層のp型GaN層のほぼ全面に、p電極10として、Pdを30オングストロームの膜厚で蒸着する。蒸着後のPd膜は明らかに透光性となっており、サファイア基板1

まで透けて観測できた。このようにp電極10を露出したp層のほぼ全面に形成することにより、電流をp層全体に均一に広げることができ、しかも透光性であるので、電極側を発光観測面とできる。

【0022】p電極10形成後、電極の隅部にAuとNiを含むボンディング用のパッド電極13を2μmの膜厚で形成する。なおこのパッド電極13は透光性ではない。

【0023】p電極(10+11)を形成した後、露出したn層にTiとAlを含むn電極14を2μmの膜厚で形成し、最後にアニール装置で400℃以上で熱処理を施し、電極を合金化させる。

【0024】以上のようにして、n型コンタクト層3とp層コンタクト層6とに電極を形成したウェーハを、350μm角のチップ状に切断し、その発光チップのサファイア基板側1をリードフレームと接着し、Au線でワイヤーボンドし、エポキシ樹脂でモールドしてLED素子としたところ、If(順方向電流)20mAにおいて、Vf(順方向電圧)3.4V、発光波長460nmであり、発光出力は、従来のNiとAuを含む透光性のp電極を有する同構造のLEDよりも、約30%高かった。

【0025】【実施例2】実施例1において、p電極10にPdを20オングストローム、Niを100オングストローム積層する他は、同様にしてLED素子を得たところ、If20mAにおいて、Vf3.4Vであったが、発光出力はNiの影響により、約15%程低下した。

【0026】【実施例3】実施例1において、p電極10にPdを20オングストローム、Auを100オングストローム積層する他は、同様にしてLED素子を得たところ、If20mAにおいて、Vf3.4Vであった。発光出力は実施例2のものとはほぼ同等であった。

【0027】【実施例4】実施例1において、p電極10にPdを20オングストローム、Rhを100オングストローム積層する他は、同様にしてLED素子を得たところ、If20mAにおいて、Vf3.5Vであった。発光出力は実施例2のものとはほぼ同等であった。

【0028】【実施例5】実施例1において、p電極10にPdを20オングストローム、Ruを100オングストローム積層する他は、同様にしてLED素子を得たところ、If20mAにおいて、Vf3.5Vであった。発光出力は実施例2のものとはほぼ同等であった。

【0029】【実施例6】実施例1において、p電極10にPdを20オングストローム、Ptを100オングストローム積層する他は、同様にしてLED素子を得たところ、If20mAにおいて、Vf3.5Vであった。発光出力は実施例2のものとはほぼ同等であった。

【0030】【実施例7】実施例1において、p電極10にPdを20オングストローム、Osを100オングストローム積層する他は、同様にしてLED素子を得たところ、If20mAにおいて、Vf3.5Vであった。発光出力は実施例2のものとはほぼ同等であった。

【0031】【実施例7】実施例1において、p電極10にPdを20オングストローム、Irを100オングストローム積層する他は、同様にしてLED素子を得たところ、If20mAにおいて、Vf3.5Vであった。発光出力は実施例2のものとはほぼ同等であった。

【0032】

【発明の効果】以上説明したように本発明の発光素子は、p層の表面に形成して、活性層の発光を有効に外部に取り出すことができる。しかも電極がp層とのオーミック性にも優れているため、Vfが低い実用的な発光素子を実現できる。本発明の発光素子を例えばフルカラーLEDディスプレイ、LED信号機、道路情報表示板等のLEDデバイスに使用すると、低消費電力で明るいデバイスが実現でき、その産業上の利用価値は大である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 p層に形成した各種電極の電流電圧特性を示す図。

【図2】 p層に形成する各種電極の各波長に対する透過率を示す図。

【図3】 本発明の一実施例に係る発光素子の電極形状を示す平面図。

【図4】 図1の発光素子の構造を示す模式断面図

【符号の説明】

- 1・・・サファイア基板
- 2・・・バッファ層
- 3・・・n型コンタクト層
- 4・・・活性層
- 5・・・p型クラッド層
- 6・・・p型コンタクト層
- 10・・・p電極
- 13・・・パッド電極
- 14・・・n電極

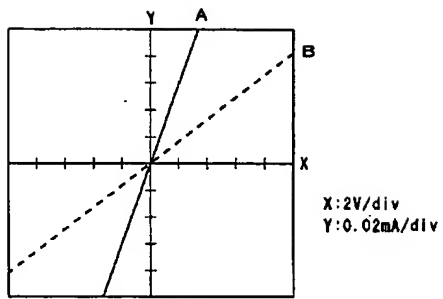
10

20

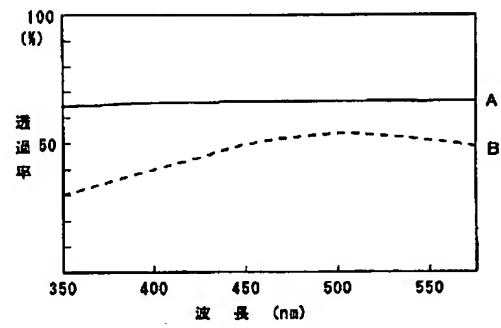
30

40

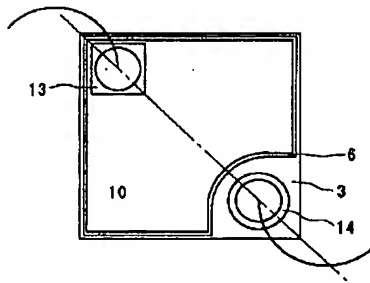
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

